

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

Absolvování individuální odborné praxe
Individual Professional Practice in the Company

2016

Šárka Vávrová

Zadání bakalářské práce

Student: **Šárka Vávrová**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2612R003 Aplikovaná elektronika
Téma: **Absolvování individuální odborné praxe**
Individual Professional Practice in the Company
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Student vykoná individuální praxi ve firmě: SCG Czech Design Center, s.r.o.
2. Struktura závěrečné zprávy:
 - a. Popis odborného zaměření firmy, u které student vykonal odbornou praxi a popis pracovního zařazení studenta
 - b. Seznam úkolů zadaných studentovi v průběhu odborné praxe s vyjádřením jejich časové náročnosti
 - c. Zvolený postup řešení zadaných úkolů
 - d. Teoretické a praktické znalosti a dovednosti získané v průběhu studia uplatněné studentem v průběhu odborné praxe
 - e. Znalosti či dovednosti scházející studentovi v průběhu odborné praxe
 - f. Dosažené výsledky v průběhu odborné praxe a její celkové zhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

Podle pokynů konzultanta, který vedl odbornou praxi studenta

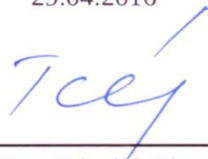
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Ivo Neborák, CSc.**


Konzultant bakalářské práce: Ing. Tomáš Křeček, Ph.D.

Datum zadání: 01.09.2015

Datum odevzdání: 29.04.2016


doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry





prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracovala samostatně. Uvedla jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpala.

V Ostravě dne: 29. dubna 2016


.....
podpis studenta

Prohlášení zástupce spolupracující právnické nebo fyzické osoby

„Souhlasím se zveřejněním této bakalářské práce dle požadavků čl. 26, odst. 9 Studijního a zkušebního řádu pro studium v bakalářských programech VŠB-TU Ostrava.“

V Rožnově pod Radhoštěm dne: 28. dubna 2016



Ing. Tomáš Křeček, Ph.D.

SDG Czech Design Center, s.r.o.

1. máje 2594

756 61 Rožnov pod Radhoštěm

Tel.: +420 571 754 100/111

DIČ: CZ25739336

-8-

Poděkování

Ráda bych poděkovala firmě SCG Czech Design Center, s.r.o. za možnost vykonání odborné praxe a poskytnutí podkladů pro vypracování bakalářské práce. Zvláštní poděkování patří Ing. Tomáši Bordovskému a Ing. Tomáši Křečkovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky, trpělivost a vstřícnost v průběhu celé praxe. Dále bych chtěla poděkovat vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Ivu Neborákovi, CSc. za poskytnutí pomoci při vypracování.

Abstrakt

Cílem bakalářské práce je popsat průběh individuální odborné praxe vykonané ve společnosti SCG Czech Design Center, s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm. Nejprve je uvedeno seznámení s historií, výrobním portfoliem, strukturou samotné firmy a pracovním zařazením. Následuje stručný přehled zadaných úkolů s vyjádřením časové náročnosti. Jako první je zpracována realizace napěťové saturační sondy včetně vypracování návodu v anglickém jazyce, následně jsou vytvořeny jednoduché příklady pro obeznámení se s programováním periférií mikroprocesoru firmy ST, typ STM32F334. Dále se pokračuje úlohou úpravy zapojení prototypu nepřímého měniče kmitočtu, ověření funkčnosti provedených změn a vytvoření revize desky plošného spoje. Posledním projektem je kompletní řešení a návrh laboratorního přípravku pro měření a regulaci teploty pomocí ventilátoru nebo spínáním reléového výstupu. Závěr práce je věnován zhodnocení uplatněných vědomostí získaných studiem na Vysoké škole báňské - Technické univerzitě Ostrava, dále pak výčtu znalostí scházející při vypracovávání úkolů, dosažených výsledků a celkovému ohodnocení praxe.

Klíčová slova

odborná praxe, saturační sonda, nepřímý měnič kmitočtu, STM32, regulace teploty

Abstract

The goal of the thesis is to describe individual professional practice at SCG Czech Design Center, s.r.o., Rožnov pod Radhoštěm. At the beginning of the thesis is mentioned history of the company, production portfolio, company structure and student's practice allocation. Then is mentioned brief overview of the tasks in relation to time consumption. At first is described implementation of saturation voltage probe, including the manual in English and simple examples for familiarization with the programming of STM32F334 microcontroller peripherals. Then are described changes in inverter circuit diagram, impact of these changes to functionality of inverter and creation of new PCB version. The last mentioned task is complete design of laboratory tool for measurement and regulation of temperature by fan or relay output. The conclusion of the thesis is devoted to the evaluation of used knowledge, which was gained from studying at university together with a list of missing knowledge in the elaboration of tasks, at the end are mentioned achievements and overall evaluation of practice.

Key words

professional practice, saturation probe, indirect AC-AC converter, STM32, regulation of temperature

Obsah

Seznam použitých symbolů a zkratk	9
Seznam ilustrací a seznam tabulek.....	10
1 Úvod	11
2 O společnosti	12
2.1 Hlavní sídlo	12
2.2 Zastoupení v České republice.....	12
2.3 Pracovní zařazení.....	13
3 Programy a nástroje	14
3.1 Eagle	14
3.2 CooCox CoIDE	14
3.3 Atmel Studio 7	15
4 Seznam zadáných úkolů	16
4.1 Napěťová saturační sonda	16
4.1.1 Popis úkolu	17
4.1.2 Rozbor, řešení a realizace.....	17
4.1.3 Ověření funkčnosti a kalibrace	19
4.2 Příklady pro mikroprocesor STM32F334C8.....	20
4.2.1 Mikroprocesor STM32F344C8	20
4.2.2 ST-LINK/V2.....	20
4.2.3 Popis úkolu	21
4.2.4 Příklad č. 1 – Generování PWM pomocí časovače.....	21
4.2.5 Příklad č. 2 – Využití A/D převodníku	22
4.2.6 Příklad č. 3 – Komparátor ovládající výstup časovače	23
4.3 Úprava nepřímého měniče kmitočtu.....	23
4.3.1 Popis úkolu	24
4.3.2 Řešení a realizace.....	24
4.4 Přípravek pro měření a regulaci teploty	27
4.4.1 Popis úkolu	27
4.4.2 ATmega32A	27
4.4.3 PT100.....	27
4.4.4 Bluetooth modul OEMSPA310	27
4.4.5 Relé G5LE-12.....	28
4.4.6 Rozbor, řešení	28

5	Celkové zhodnocení	30
5.1	Znalosti a dovednosti uplatněné v průběhu odborné praxe.....	30
5.2	Znalosti a dovednosti scházející v průběhu odborné praxe.....	30
	Literatura	31
	Seznam příloh	33

Seznam použitých symbolů a zkratek

Seznam symbolů

Symbol	Jednotka	Význam
R_0	Ω	odpor při 0°C
U_K	V	napětí odpovídající konstantě
U_{CC} (V_{CC})	V	napájecí napětí
U_{CE} (V_{CE})	V	napětí mezi kolektorem a emitorem
U_{DS} (V_{DS})	V	napětí mezi drain a source
V_{REFINT}	V	napětí interní reference

Seznam zkratek

Zkratka	Význam
A/D	analogově digitální
AC	střídavý (proud)
AT	začátek příkazů pro ovládání zařízení (z angl. attention)
BNC	konektor bajonetového typu
CAN	sběrnice pro vnitřní komunikační síť senzorů a jednotek
D/A	digitálně analogový
DC	stejnsměrný (proud)
EEPROM	elektricky mazatelná paměť
FPU	jednotka plovoucí řádkové čárky
GND	uzemnění, zem
I ² C	sériová sběrnice
IGBT	bipolární tranzistor s izolovaným hradlem
JTAG	standard pro programování
LED	svítivá dioda
MCU	mikroprocesor
MOSFET	tranzistor řízený polem
PC	počítač
PFC	korekce účinníku
PIM	integrovaný výkonový modul
PWM	pulzní šířková modulace
RC	odpor a kondenzátor
RISC	počítač s redukovanou instrukční sadou
RTC	hodiny reálného času
SMD	součástka pro povrchovou montáž
SPI	sériové periferní rozhraní
SPL	standartní knihovny pro periferie
SRAM	statická paměť s náhodným přístupem
USA	Spojené státy americké
USART	zařízení pro sériovou komunikaci

Seznam ilustrací a seznam tabulek

Seznam obrázků

Obr. 1 Logo společnosti [2]	12
Obr. 2 Sídlo SCG Czech Design Center s.r.o.	13
Obr. 3 Vývojové prostředí CoCoX CoIDE – nastavení	15
Obr. 4 Použití saturační sondy [10]	16
Obr. 5 Krabice UK03P [11]	17
Obr. 6 Rozmístění součástek – pohled z horní strany, vlevo horní vrstva, vpravo spodní vrstva	17
Obr. 7 Deska plošného spoje – pohled z horní strany, vlevo horní vrstva, vpravo spodní vrstva	18
Obr. 8 Napěťová saturační sonda - kompletace	18
Obr. 9 Napěťová saturační sonda – čelní pohled	19
Obr. 10 Napěťová saturační sonda – pohled zezadu	19
Obr. 11 Programování přípravku s mikroprocesorem STM32F334C8	20
Obr. 12 Blokové schéma zapojení – příklad č. 1	21
Obr. 13 Ověření funkce PWM (kanál 3N – žlutý, kanál 1 – modrý)	21
Obr. 14 Blokové schéma zapojení – příklad č. 2	22
Obr. 15 Vývojový diagram – příklad č. 2	22
Obr. 16 Ověření funkce A/D převodníku (vstupní napětí – žlutá, výstupní pin PB7 – modrá)	22
Obr. 17 Blokové schéma – příklad č. 3	23
Obr. 18 Ověření funkce komparátoru (vstupní napětí – žlutá, výstupní PWM)	23
Obr. 19 Schéma zapojení úprav na výstupu optočlenů - výřez	24
Obr. 20 Úprava zapojení na prototypu – přidání invertorů na výstup optočlenů	24
Obr. 21 Úprava zapojení na prototypu – nahrazení PIM modulu (tranzistory IGBT)	25
Obr. 22 Měření na upraveném prototypu – připojení měřících přístrojů	25
Obr. 23 Průběhy napětí a proudu – vstup a výstup optočlenu, vstup budiče a proud jedné fáze motoru	26
Obr. 24 Průběh proudu jedné fáze zátěže (motoru)	26
Obr. 25 Bluetooth modul OEMSPA310 [19]	28
Obr. 26 Blokové schéma přípravku	28
Obr. 27 DPS přípravku – pohled z horní strany, vlevo horní vrstva, vpravo spodní vrstva	29
Obr. 28 Rozmístění součástek – pohled z horní strany, vlevo horní vrstva, vpravo spodní vrstva	29

Seznam tabulek

Tab. 1 Časová náročnost zadaných úkolů	16
Tab. 2 Vlastnosti a rozměry krabice v mm [11]	17
Tab. 3 Generování 7 PWM – popis výstupů	21
Tab. 4 Přehled hodnot odporu čidla PT100 s vyznačením důležitých údajů pro návrh přípravku	27

1 Úvod

Elektronika, elektrotechnika, informační technologie a příbuzné vědy jsou hnacím motorem dnešní moderní doby. Každý z nás má neustále při sobě nějaké elektronické zařízení, ať už se jedná o mobilní telefon, hodinky, tablet nebo notebook. Nesmíme také zapomenout, že v současné době již téměř každý dopravní prostředek nebo domácí spotřebič obsahuje elektronické komponenty. Je tedy nutné připustit, že věci využívající elektrickou energii jsou a budou každodenně součástí našeho života.

Vývoj elektronických součástek, integrovaných obvodů a celkově všech zařízení jde neustále kupředu velmi vysokou rychlostí. Koncipovat výuku tohoto dynamického oboru na školách je proto v této oblasti velice obtížné. Teoretické základy, elementární principy a základní zapojení se v elektrotechnice a elektronice nemění. Mění se však trendy v návrhu a konstrukci zařízení v průmyslu, vyvíjí se nové součástky včetně jejich minimalizace, používají se inovované postupy měření, vyhodnocování a řešení problémů. Pro zachycení všech změn by bylo nutné skoro každoročně přepracovávat skripta, učebnice a měnit laboratorní úlohy v některých vyučovaných předmětech. Praxe je tudíž mnohdy velice odlišná od akademické sféry a studenti, kteří ji neokusili, mají leckdy problémy s adaptací ve firemním prostředí.

Velikou výhodou je proto možnost absolvovat, v rámci bakalářské práce, individuální odbornou praxi ve firmě. Chtěla jsem využít příležitosti a výběr padl na firmu SCG Czech Design Center, s.r.o., patřící do nadnárodní skupiny firem s označením ON Semiconductor. Společnosti spadající do tohoto seskupení patří mezi špičku v návrhu a výrobě polovodičových součástek, integrovaných obvodů a jejich aplikací.

V průběhu odborné praxe bylo nutné vyřešit celkem čtyři hlavní úkoly, které prověřily nejen vědomosti získané studiem, ale i manuální zručnost, trpělivost při práci a schopnost učit se nové věci a následně je aplikovat. Důležitou součástí byl také celkový zájem o obor a touha po znalostech.

2 O společnosti

SCG Czech Design Center s. r. o., Rožnov pod Radhoštěm je vývojovým střediskem společnosti ON Semiconductor.

ON Semiconductor nabízí inovativní způsoby řešení pro energeticky úspornou elektroniku, umožňující snížení celkové spotřeby energie. Společnost je celosvětově předním dodavatelem polovodičové techniky, integrovaných obvodů a jejich aplikací pro využití v různých oblastech průmyslu např. automobilový průmysl, komunikační technologie, spotřební elektronika, počítače, osvětlení, lékařská elektronika, letectví a vojenská technika. [1]



Obr. 1 Logo společnosti [2]

2.1 Hlavní sídlo

Hlavní sídlo firmy se nachází v USA (Phoenix, Arizona). Výkonným ředitelem je Keith Jackson. Založení se datuje na 4. srpna 1999, kdy došlo k oddělení od firmy Motorola. Společnost zaměstnává více jak 24 tisíc zaměstnanců ve svých výrobních závodech, prodejních místech a návrhových střediscích po celém světě. [3]

2.2 Zastoupení v České republice

V České republice se nachází celkem tři společnosti spadající do skupiny ON Semiconductor. [4]

ON Design Czech, Brno

- návrh a vývoj integrovaných obvodů a řešení především pro automobilový průmysl

ON Semiconductor Czech Republic, Rožnov pod Radhoštěm

- výroba křemíku
- výroba čipů
- výzkum a vývoj pro výrobu, zavádění nových typů křemíkových desek, inovace v oblasti technologie a postupů výroby integrovaných obvodů

SCG Czech Design Center, Rožnov pod Radhoštěm

- vývoj nových výrobků v oblasti analogové a smíšené analogově-digitální techniky
- aplikace součástek
- vývoj testování a vyhodnocování (charakterizace nových produktů)
- návrhové systémy



Obr. 2 Sídlo SCG Czech Design Center s.r.o.

2.3 Pracovní zařazení

Vývojové centrum v Rožnově pod Radhoštěm se skládá z několika oddělení, jedním z nich je Oddělení vývoje nových výrobků.

Činnost tohoto oddělení se zaměřuje obzvláště na následující oblasti: [5]

- návrh elektrického schématu a morfologie
- vývoj nových produktů
- řízení projektů
- produktové inženýrství
- vývoj aplikací součástek, aplikační laboratoř

Pracovala jsem jako technik ve skupině aplikačních inženýrů zaměřených na vývoj, testování a aplikaci IGBT tranzistorů. Aplikační inženýři dále vytváří technickou dokumentaci a mají tím velký podíl na propagaci nových produktů v celém světě. Ke své práci využívají laboratoře s nejkvalitnějšími měřicími přístroji.

3 Programy a nástroje

Pro vypracování zadaných úkolů bylo nutné se seznámit a naučit se pracovat s následujícím programovým vybavením. K programování mikroprocesorů slouží nástroje CooCox CoIDE (STM32F334C8) a Atmel Studio (ATmega32A). Kreslení schémat a návrh desek plošných spojů probíhá pomocí návrhového programu Eagle.

3.1 Eagle

Eagle (Easy Applicable Graphical Layout Editor) je výkonný nástroj pro návrh desek plošných spojů navržený tak, aby vyhovoval potřebám profesionálních inženýrů, běžným uživatelům i studentům ve školách. Komunita uživatelů nabízí rozsáhlou podporu a pomoc při problémech spojených s používáním programu.

Systém je jednoduchý na pochopení a bez potíží zvládne zpracovat i složitější návrhy. Poskytuje zcela otevřenou knihovnu součástek, které je možné libovolně přidávat a stávající upravovat. Pro návrh byly použity následující dva moduly. [6]

Editor schémat:

- až 99 listů jednoho schématu
- kontrola elektrických pravidel zapojení
- prohazování hradel a pinů
- vytvoření desky ze schématu

Editor spojů:

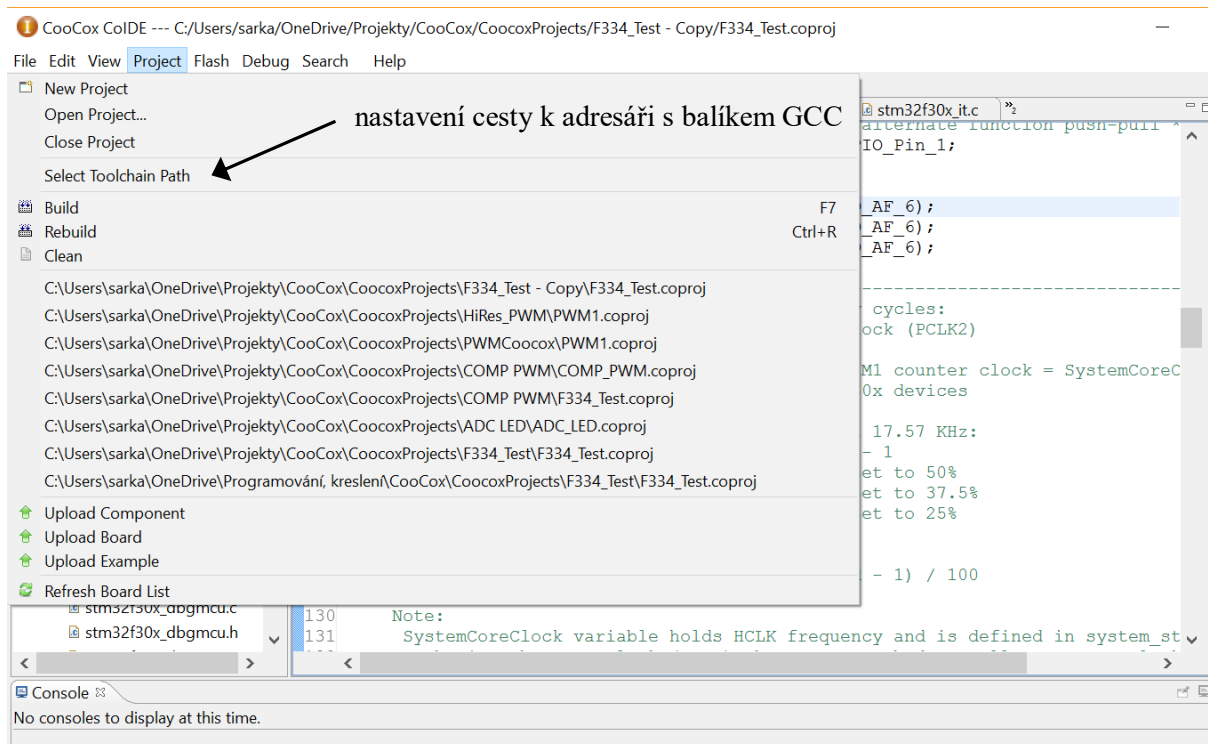
- největší rozměr výkresu desky 1,6 m x 1,6 m
- až 16 signálových vrstev
- klasické i SMD součástky
- knihovny pouzder, úprava a vytváření nových
- kontrola pravidel návrhu
- oblouky ve spojích, meandry

3.2 CooCox CoIDE

CoIDE je volně šiřitelné vývojové prostředí zaměřené na mikroprocesory na bázi architektury ARM Cortex-M0/M0+/M3/M4, např. STM32F334.

Využívá GCC (GCC-ARM-Embedded), což je programový balík, který slouží ke kompilaci zdrojových kódů. Je založen na platformě Eclipse, ale byl přizpůsoben a zjednodušen tak, aby byl uživatelsky přívětivější. [7]

Pro správnou funkci je nutné GCC stáhnout a nainstalovat například z [8] a po spuštění CoIDE jej nastavit v nastavení projektu.



Obr. 3 Vývojové prostředí Coocox ColIDE – nastavení

3.3 Atmel Studio 7

Atmel Studio 7 je integrovaná vývojová platforma pro vývoj a ladění aplikací s procesory založené na Atmel® SMART ARM® a mikroprocesory typu Atmel AVR®, např. ATmega32A. Studio 7 poskytuje snadno použitelné a přívětivé prostředí pro psaní, sestavování a ladění aplikací napsaných v jazyce C/C++ nebo jazyku symbolických adres. Program umožňuje jednoduché spojení s vývojovými deskami a moduly. [9]

4 Seznam zadaných úkolů

V průběhu praxe bylo nutné splnit celkem čtyři hlavní úkoly, jejich přehled společně s vyjádřením časové náročnosti je uveden v Tab. 1. Některé projekty zasahují i mimo období akademického roku. Zde je vykonávána odborná stáž ve firmě. Během celé doby byla sekundární úlohou výpomoc kolegům při osazování modulů a vypracování jednoduchých měření podle pokynů.

Tab. 1 Časová náročnost zadaných úkolů

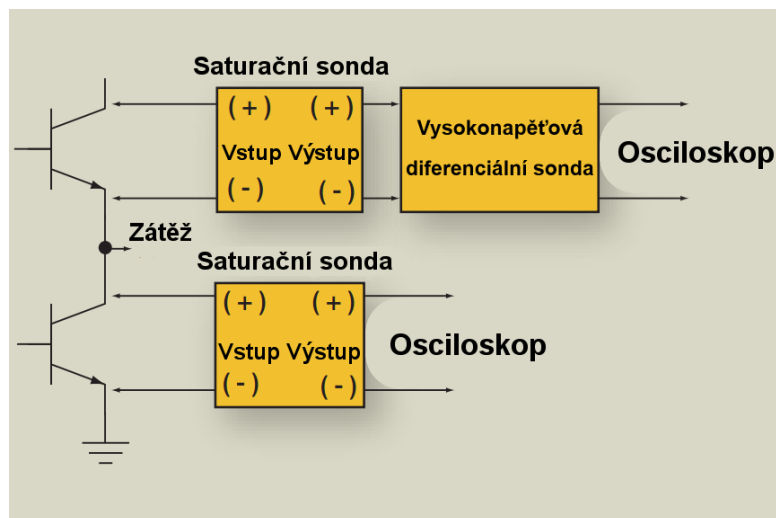
Název	Období
Realizace napěťové saturační sondy	srpen - září
Zpracování příkladů pro STM32F344C8	říjen - listopad
Úprava nepřímého měniče kmitočtu	listopad - prosinec
Návrh přípravku pro měření a regulaci teploty	leden - červen

4.1 Napěťová saturační sonda

V aplikacích výkonové elektroniky, oblasti spínacích součástek, konkrétně tranzistorů, je pro stanovení parametrů nutná znalost U_{CE} (U_{DS} u MOSFET tranzistorů) v sepnutém stavu. Přesným změřením tohoto údaje můžeme správně vypočítat například ztráty vznikající na tranzistoru během vedení proudu.

Napětí U_{CE} (U_{DS}) se v rozepnutém stavu pohybuje v řádech stovek voltů. Pokud je vstupní rozsah osciloskopu nastaven na měření vysokého napětí, nemohou vstupní obvody správně interpretovat nízké saturační napětí pohybující se běžně od 0,5 V do 3 V. Vzniká zde velká chyba měření.

Z tohoto důvodu se používají napěťové saturační sondy, které omezí napětí při rozepnutí tranzistoru na takovou hodnotu, aby následně bylo možné po sepnutí co nepřesněji určit hodnotu napětí U_{CE} (U_{DS}). [10]



Obr. 4 Použití saturační sondy [10]

4.1.1 Popis úkolu

Realizace napěťové saturační sondy se skládá z návrhu desky plošného spoje podle zadaného schématu zahrnující umístění do předem stanovené krabičky, sestavení funkčních přípravků, odzkoušení a vytvoření dokumentace v anglickém jazyce.

4.1.2 Rozbor, řešení a realizace

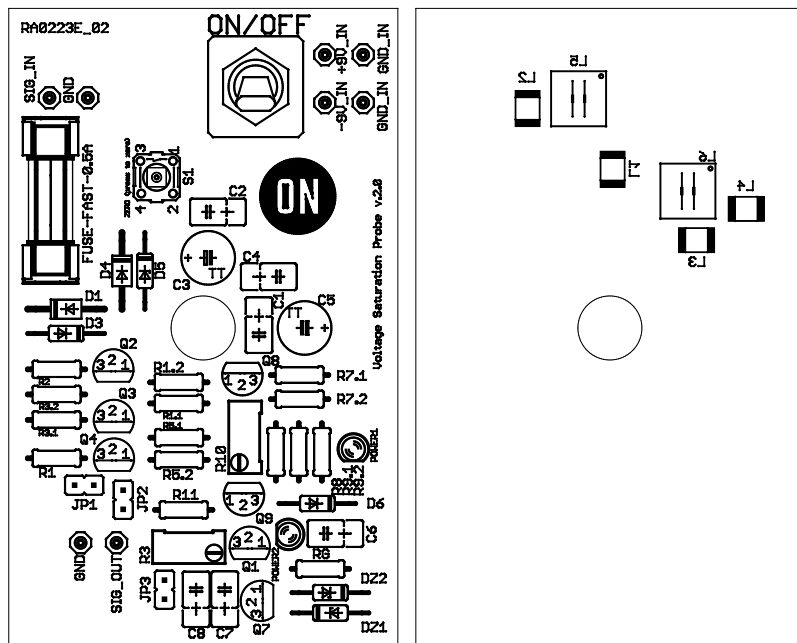
Tab. 2 Vlastnosti a rozměry krabičky v mm [11]

Typ	Vnější rozměry			Vnitřní rozměry			Popis	Počet dílů	Způsob spojení
	X	Y	Z	x	y	z			
UK03P	92	40	66	85	34	52	4 nožky	4	1 střed. vrut



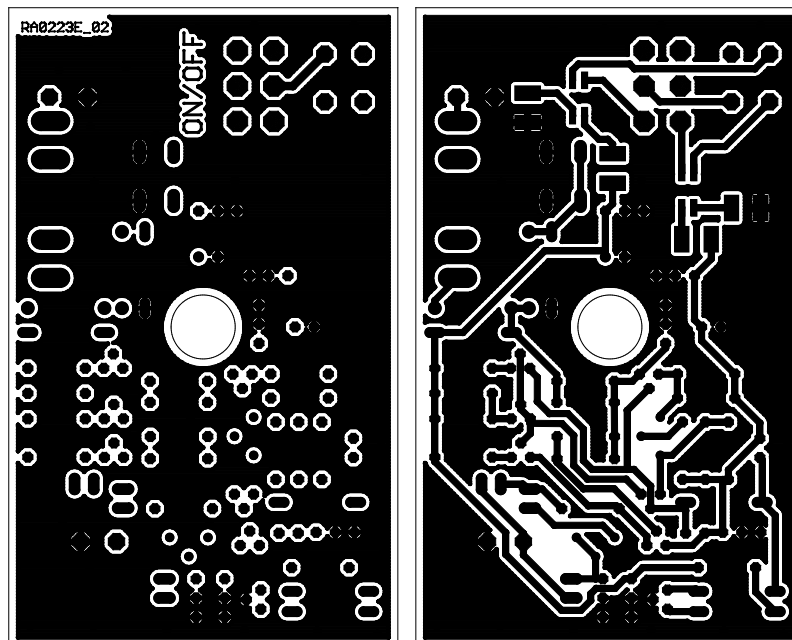
Obr. 5 Krabička UK03P [11]

Vnitřním rozměrům krabičky bylo nutné přizpůsobit velikost desky a zahrnout střední vrut. Výška desky odpovídá hodnotě 85 mm a šířka 52 mm. Schéma zapojení je uvedeno v příloze. Deska plošného spoje byla navržena tak, aby bylo dbáno na polohu vnějších konektorů (2x BNC – BNC Z J 50R, přepínač zapnuto/vypnuto - TS25, 2x konektor napájení NAZ 2.1 VSJ, 2x indikační LED dioda), vůči umístění a velikosti použitých součástek (nesmí do sebe zasahovat). Součástky by měly být na desce uspořádány tak, aby umožňovaly co nejkratší propojení pomocí vodivých cest kvůli eliminaci nepříznivých vlivů.



Obr. 6 Rozmístění součástek – pohled z horní strany, vlevo horní vrstva, vpravo spodní vrstva

Použití polygonu pro zem (GND) a propojení vrstev pomocí prokův zaručuje snížení impedance zemní vrstvy, minimalizaci parazitních kapacit a indukčností a celkové zlepšení elektromagnetické kompatibility. Po konzultaci s kolegou byla zvolena šířka izolační mezery přibližně 0,6 mm a šířka spoje 0,8 mm.



Obr. 7 Deska plošného spoje – pohled z horní strany, vlevo horní vrstva, vpravo spodní vrstva

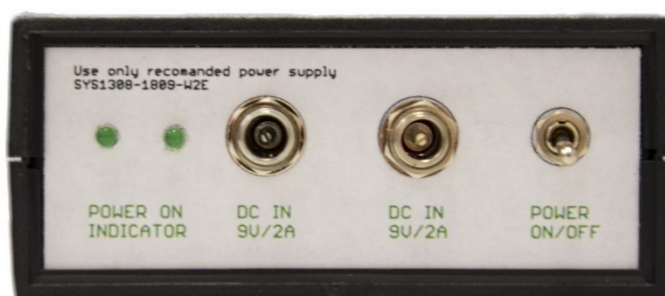
Po osazení hotové desky se přistoupilo k umístění do krabičky. Do čelního a zadního panelu byly vyvrtány otvory pro konektory a v horní části pak díry pro nastavení sondy. Následně byly na panely nalepeny informační štítky a na závěr proběhlo kompletní sestavení přípravku. Ve schématu jsou zahrnuty i tři propojky, označené JPx, poskytující přizpůsobení zapojení specifickým potřebám uživatele (JP1 ve výchozím nastavení propojena, JP2 a JP3 připojují volitelný výstupní RC filtr).



Obr. 8 Napěťová saturační sonda - kompletace



Obr. 9 Napět'ová saturační sonda – čelní pohled



Obr. 10 Napět'ová saturační sonda – pohled zezadu

Zpracovaná dokumentace se nachází v příloze bakalářské práce.

4.1.3 Ověření funkčnosti a kalibrace

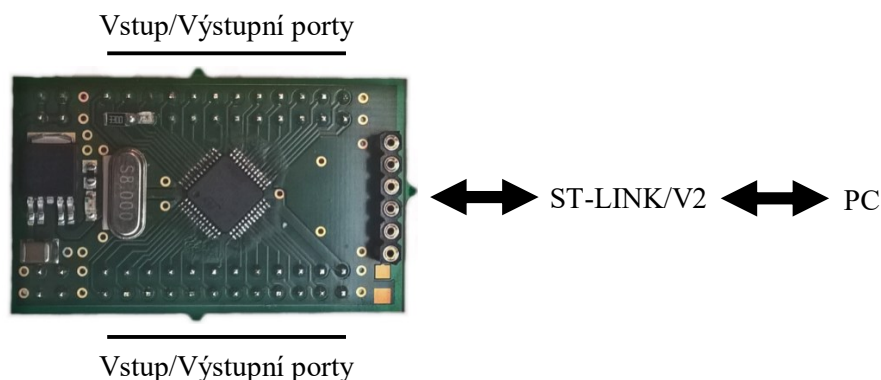
K saturační sondě bylo připojeno napájení a na výstup zapojen osciloskop. Po sepnutí spínače se rozsvítily diody, které indikovaly přítomnost napájecího napětí. Připojením vstupního napětí vyššího než 5 V, bylo osciloskopem ověřeno, že dochází k jeho omezení na hodnotu přibližně 5 V. Přivedením napětí nižšího nebyly zaznamenány žádné změny. Jako zdroj vstupního napětí pro ověření byly použity baterie. Bylo nutné dbát na správné zapojení polaritu. [12]

Kalibrace zařízení se provedla následujícím způsobem. K saturační sondě byly připojeny napájecí adaptéry a na výstup osciloskop nebo voltmetr. Přepnutím přepínače se přípravek zapnul. Tlačítkem S_1 se zkratoval vstup a na měřicím přístroji byla pomocí kalibračního trimru R_{10} nastavena úroveň 0 V. [12]

Pokud je zapojen výstupní filtr, je možné jeho vlastnosti doladit trimrem R_3 .

4.2 Příklady pro mikroprocesor STM32F334C8

K prvotnímu seznámení s novým mikroprocesorem nebo pro oživení zapomenutých znalostí slouží připravené fungující příklady. Již hotové programy poskytované výrobcem jsou často určeny pro konkrétní řadu a v některých případech je není možné aplikovat na určitý typ mikroprocesoru z dané skupiny kvůli absenci využívaných periférií. Okomentované zdrojové soubory jsou uvedeny v příloze.



Obr. 11 Programování přípravku s mikroprocesorem STM32F334C8

4.2.1 Mikroprocesor STM32F344C8

Mikroprocesor STM32F334C8 je založen na vysoce výkonném ARM® 32-bit Cortex®-M4 RISC jádře operujícím až do frekvence 72 MHz. Obsahuje jednotku s plovoucí řádkovou čárkou (FPU), vysokorychlostní vestavěné paměti a širokou škálu vstupů / výstupů a periférií připojených na dvě sběrnice. Napájecí napětí se pohybuje v rozmezí od 2 V do 3,6 V. [13]

Zahrnuje taktéž:

- dva rychlé 12 bitové A/D převodníky
- až tři ultrarychlé komparátory
- operační zesilovač
- tři kanály D/A převodníku
- RTC obvod s nízkou spotřebou
- jeden časovač s vysokým rozlišením
- jeden 32 bitový časovač pro všeobecné použití
- jeden časovač určený pro řízení motoru
- čtyři 16 bitové časovače pro všeobecné použití
- CAN, I²C a SPI komunikační rozhraní
- až tři USART porty

4.2.2 ST-LINK/V2

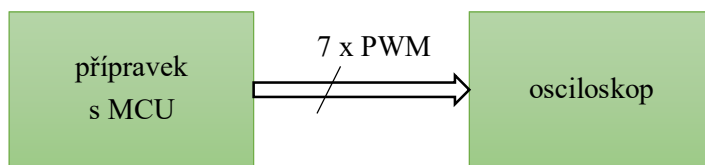
ST-LINK/V2 slouží pro ladění a programování mikroprocesorů skupiny STM8 a STM32. Programátor může být součástí vývojového kitu nebo ho lze zakoupit jako samostatné zařízení. [14]

4.2.3 Popis úkolu

Dle vlastní invence vytvořit v programu CoCoX CoIDE jednoduché příklady pro přípravek s mikroprocesorem firmy ST zahrnující generování PWM pomocí časovače, A/D převodník, komparátor a rozsvícení LED diody s možností upravení stávajících vzorových programů poskytovaných výrobcem. Předpokládá se použití standartních knihoven pro periferie (SPL). [15]

4.2.4 Příklad č. 1 – Generování PWM pomocí časovače

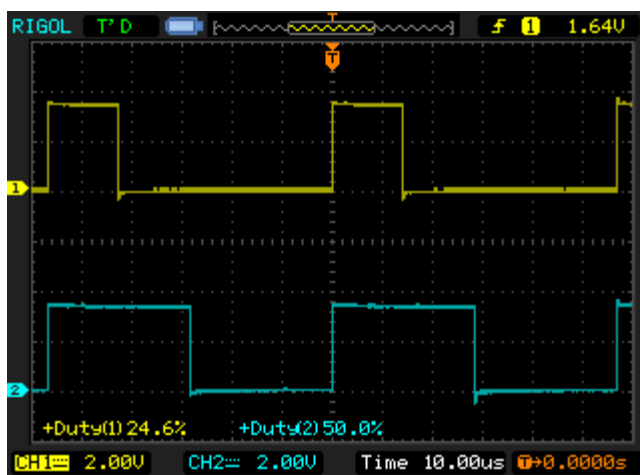
Pomocí časovače TIM1 probíhá generování 7 výstupů PWM s různou střídou. V hlavní smyčce programu se nenachází žádný kód. Časovač vykonává svou funkci nezávisle na běhu programu, stačí jej pouze správně nakonfigurovat.



Obr. 12 Blokové schéma zapojení – příklad č. 1

Tab. 3 Generování 7 PWM – popis výstupů

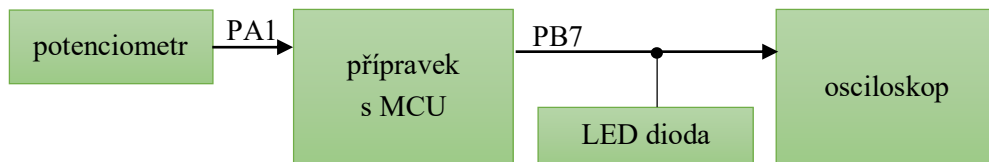
Výstup	Kanál	Pin	Střída
1	1	PA8	50 %
2	2	PA9	37,5 %
3	3	PA10	25 %
4	4	PA11	12,5 %
5	1N	PA7	50 %
6	2N	PB0	37,5 %
7	3N	PB1	25 %



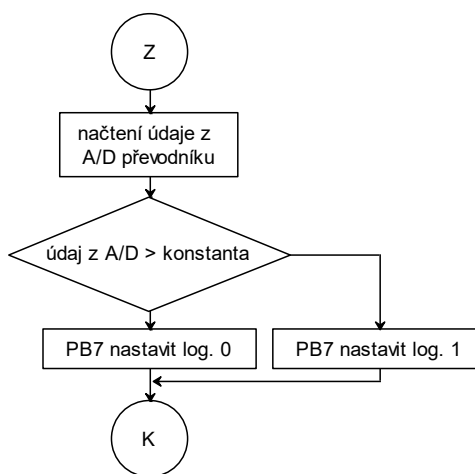
Obr. 13 Ověření funkce PWM (kanál 3N – žlutý, kanál 1 – modrý)

4.2.5 Příklad č. 2 – Využití A/D převodníku

Napětí na vstupu A/D převodníku s rozlišením 12 bitů je převedeno na číselný údaj a následně v hlavní smyčce programu porovnáváno se zadanou konstantou (1000). Je-li vyšší, zapíše se na výstup PB7 logická 1 a tím se rozsvítí připojená LED dioda. V opačném případě dioda nesvítí.



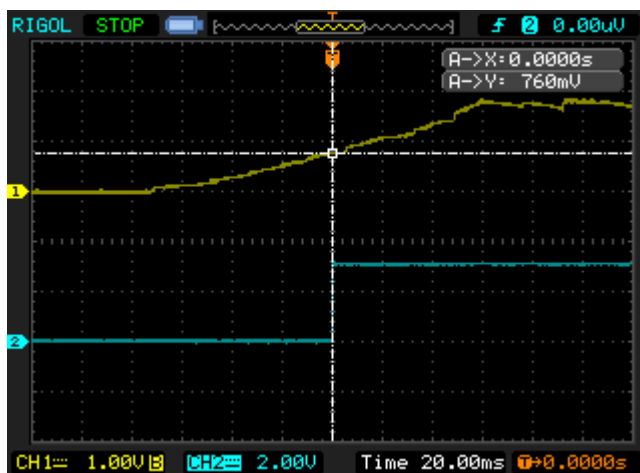
Obr. 14 Blokové schéma zapojení – příklad č. 2



Obr. 15 Vývojový diagram – příklad č. 2

Výpočet napětí odpovídající zvolené konstantě při $U_{CC} = 3,1 \text{ V}$:

$$U_k = \frac{U_{CC} \cdot \text{konstanta}}{\text{maximální rozsah převodníku}} = \frac{3,1 \cdot 1000}{2^{12}} = 0,757 \text{ V} \quad (4.1)$$



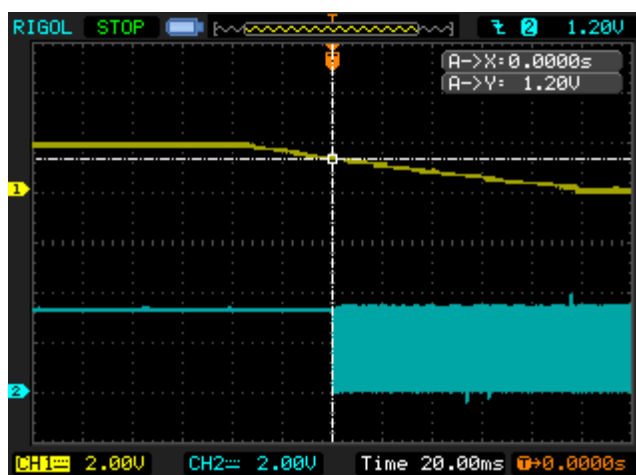
Obr. 16 Ověření funkce A/D převodníku (vstupní napětí – žlutá, výstupní pin PB7 – modrá)

4.2.6 Příklad č. 3 – Komparátor ovládající výstup časovače

Napětí na neinvertujícím vstupu (PA7) je komparátorem porovnáváno s vnitřní napětíovou referencí $V_{REFINT} = 1,2 \text{ V}$. Časovač TIM1 je nastaven pro generování PWM. Výstup komparátoru je připojen na ovládání časovače. Pokud napětí na vstupu dosahuje vyšší hodnoty než referenční, je výstup časovače přepnut do úrovně logické 1. V opačném případě generuje nastavenou PWM. Komparátor a časovač běží nezávisle na vykonávání hlavní smyčky programu. [16]



Obr. 17 Blokové schéma – příklad č. 3



Obr. 18 Ověření funkce komparátoru (vstupní napětí – žlutá, výstupní PWM)

4.3 Úprava nepřímého měniče kmitočtu

Nepřímý měnič kmitočtu je elektronické zařízení, které umožňuje změnu střídavého napětí (příp. proudu), jeho velikosti nebo kmitočtu. Pro prezentaci polovodičových součástek a integrovaných obvodů firmy slouží ukázková zapojení. Jedním z nich je i prototyp nepřímého měniče kmitočtu.

Celé zařízení je rozděleno na řídicí a výkonovou část. Řídicí část obsahuje mikroprocesor MC3PHAC firmy Freescale / NXP určený speciálně pro řízení motoru. Výstupem obvodu je šest PWM, které jsou přes optočleny (galvanické oddělení od výkonové části) přivedeny do budících obvodů pro hradla tranzistorů. Napětí DC linky 400 V (600 V) je vytvořeno v obvodu PFC. Zařízení je napájeno ze síťového napětí 230 V, které je následně usměrněno. Jako výkonový spínací prvek se používá PIM modul (integrovaná výkonová součástka obsahující 6x IGBT pro střídač, 6x usměrňovací diody pro usměrňovač a obvod brzdy). Hotový prototyp je doplněn několika volitelnými bloky.

Při provozu prototypu byl zjištěn problém. Pokud došlo k výpadku napájení pro řídicí část, výstupy PWM mikroprocesoru se přepnuly do stavu vysoké impedance. To bylo následně optočlenem

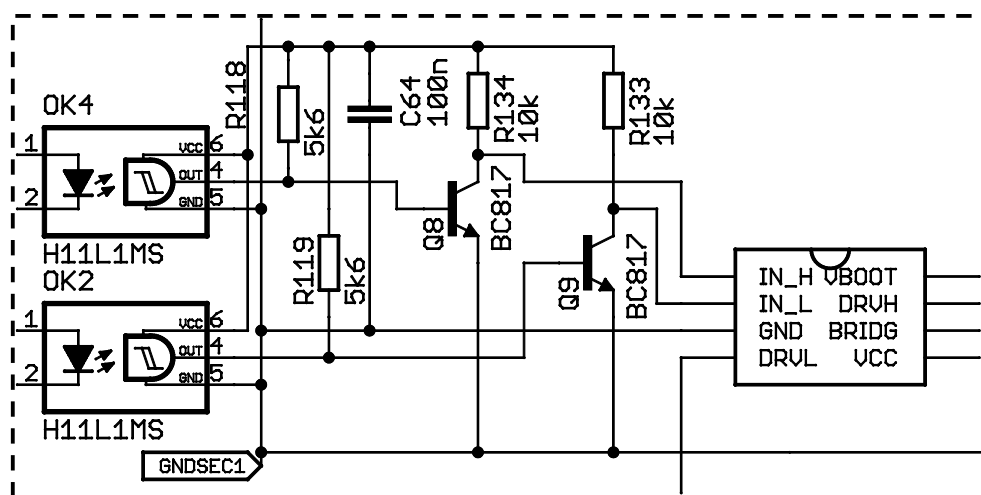
nesprávně vyhodnoceno a do budiče byla poslána stejná informace, která odpovídá požadavku na sepnutí tranzistoru, což způsobilo zkrat.

4.3.1 Popis úkolu

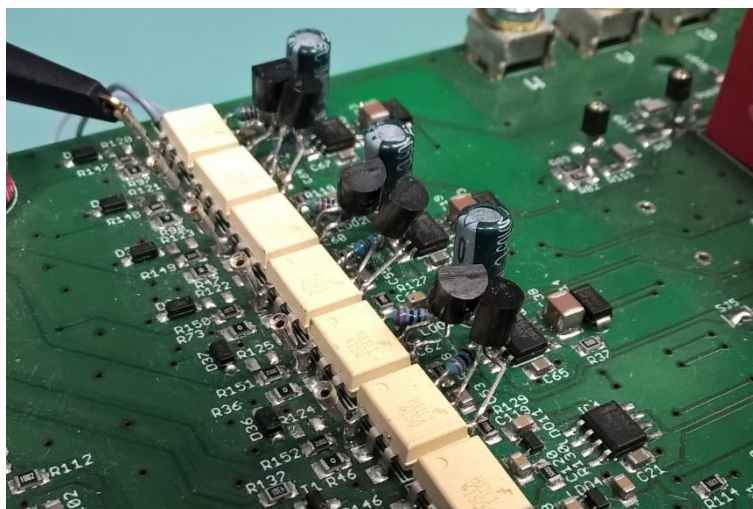
Přidáním invertoru na výstup optočlenu upravit zapojení nepřímého měniče kmitočtu, nahradit PIM modul šesti IGBT tranzistorů a usměrňovačem. Úpravy provést na hotovém prototypu a měřením ověřit funkčnost. Po potvrzení správné činnosti vytvořit revizi desky plošného spoje. Zahrnout změnu typu použitých kondenzátorů v PFC.

4.3.2 Řešení a realizace

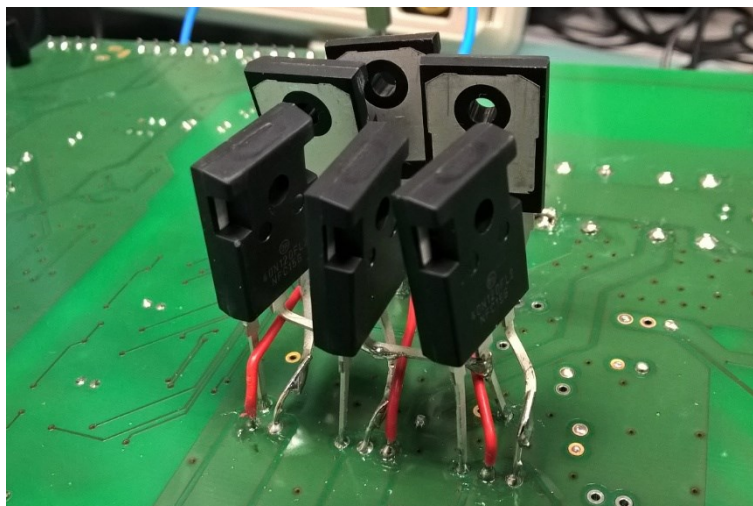
Pro invertování výstupu optočlenu bylo použito základní zapojení bipolárního tranzistoru se společným emitorem, kde jednou z jeho vlastností je inverze výstupního signálu oproti vstupnímu. PIM modul byl odpájen z desky plošného spoje a následně nahrazen šesti IGBT tranzistorů a jedním obvodem usměrňovacího můstku. Volba použitých součástek proběhla po konzultaci s kolegy.



Obr. 19 Schéma zapojení úprav na výstupu optočlenů - výřez

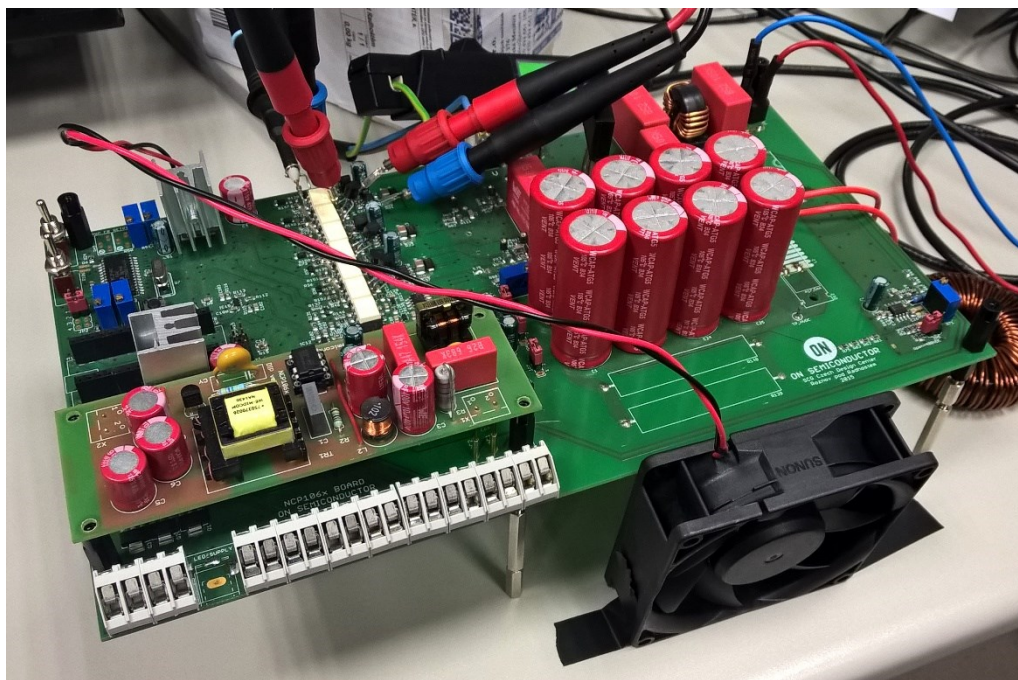


Obr. 20 Úprava zapojení na prototypu – přidání invertorů na výstup optočlenů

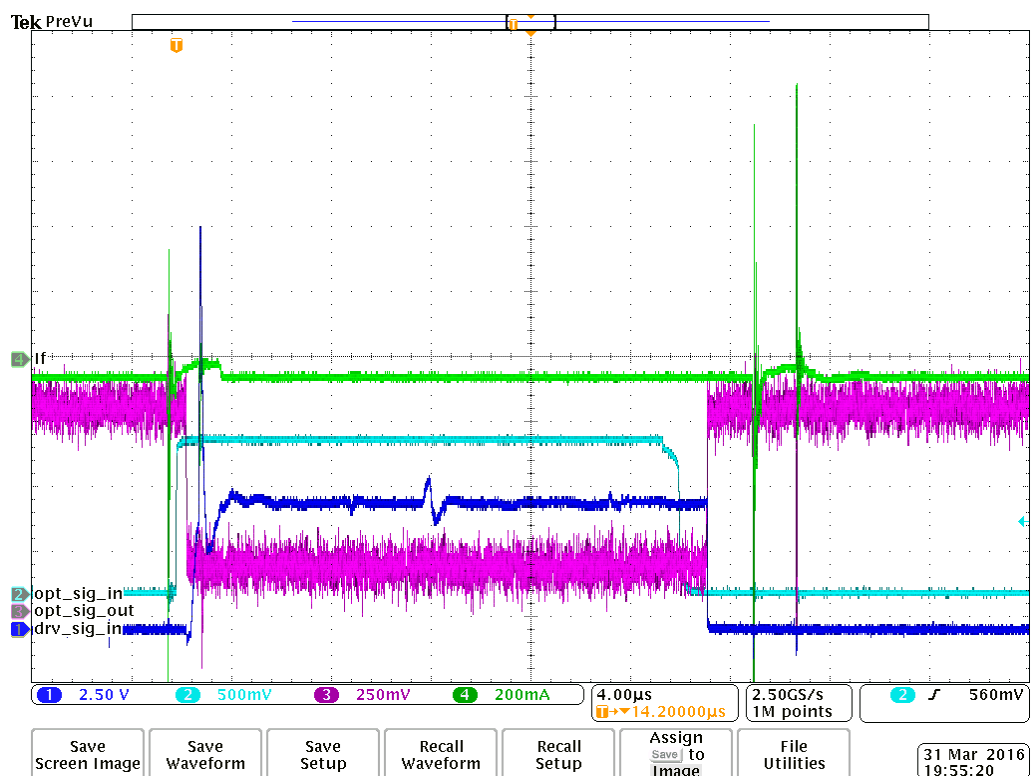


Obr. 21 Úprava zapojení na prototypu – nahrazení PIM modulu (tranzistory IGBT)

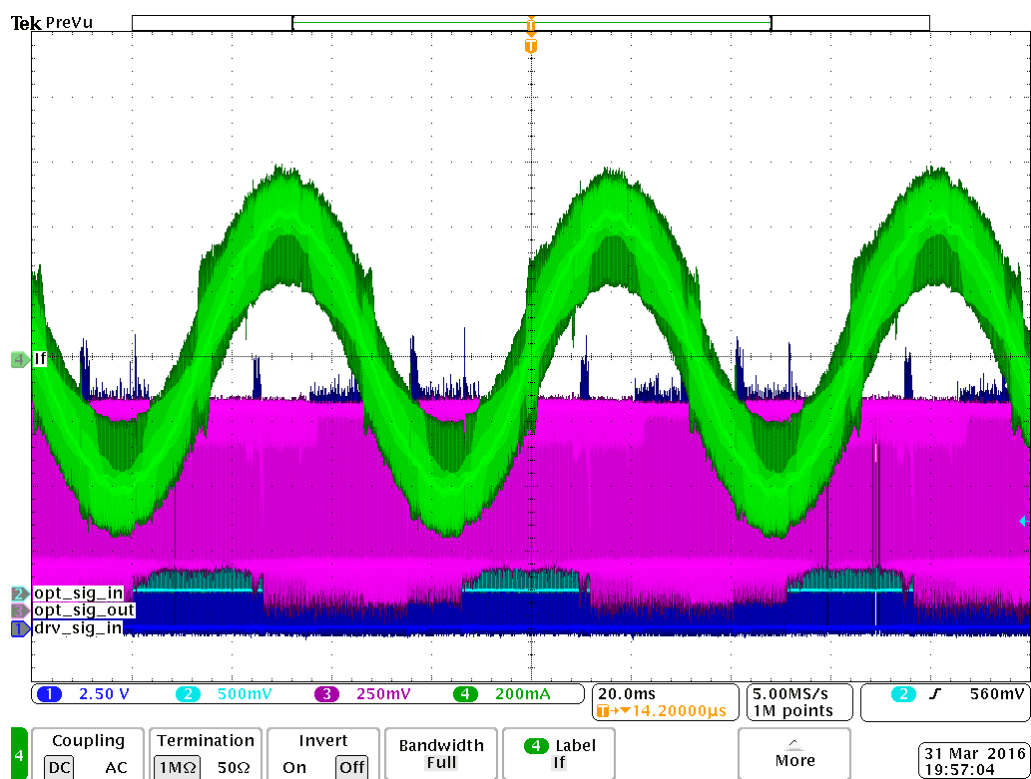
Pro ověření správné funkčnosti bylo nutné připojit k prototypu střídače měřící hroty, které umožňují připojení napěťových sond osciloskopu. Měření napětí probíhalo na vstupu optočlenu (opt_sig_in), výstupu optočlenu (opt_sig_out) a vstupu budiče (drv_sig_in). Pomocí proudové sondy byl taktéž zaznamenán průběh proudu jednou fází motoru (If). Provozem nepřímého měniče kmitočtu dochází k ohřívání spínacích tranzistorů, z tohoto důvodu byl k měřenému zařízení externě přidán ventilátor zaručující jejich ochlazování.



Obr. 22 Měření na upraveném prototypu – připojení měřících přístrojů



Obr. 23 Průběhy napětí a proudu – vstup a výstup optočlenu, vstup budiče a proud jedné fáze motoru



Obr. 24 Průběh proudu jedné fáze zátěže (motoru)

Měřením byla potvrzena správná funkce zařízení. Revize desky plošného spoje je uvedena v příloze.

4.4 Přípravek pro měření a regulaci teploty

Při testování součástek nebo ověřování funkce nových ukázkových zapojení je často zapotřebí měřit a regulovat teplotu určitých prvků v obvodu, aby nedošlo k jejich zničení přehřátím nebo nedodržení teplotních podmínek při měření.

4.4.1 Popis úkolu

Vytvoření návrhu a realizace přípravku pro měření a regulaci teploty. Celé zařízení řídit mikroprocesorem ATmega32A, teplotu snímat pomocí čidla PT100, umožnit nastavení rozsahu teploty (maximální rozsah 0 – 127 °C), zajistit komunikaci s okolím pomocí bluetooth modulu OEMSPA310, zobrazovat aktuální teplotu na 3 místném displeji, zahrnout reléový výstup a řízení připojeného ventilátoru pomocí PWM.

4.4.2 ATmega32A

ATmega32A je 8 bitový AVR RISC mikroprocesor pracující na frekvenci až 16 MHz při napájecím napětí 2,7 – 5,5 V. Obsahuje 32KB programové flash paměti, 2kB SRAM, 1kB EEPROM, 8 kanálový 10 bitový A/D převodník, dva 8 bitové čítače / časovače, jeden 16 bitový čítač / časovač, čtyři PWM kanály a JTAG rozhraní pro ladění. [17]

4.4.3 PT100

PT100 je odporové teplotní čidlo, součástka mění svoji rezistenci v závislosti na teplotě podle vzorce (4.1) uvedený v literatuře. [18]

Pro $t \geq 0^\circ\text{C}$:

$$R(t) = R_0 \cdot (1 + A \cdot t + B \cdot t^2) \quad (4.2)$$

Koeficienty:

$$A = 3,9083 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$$

$$B = -5,775 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$$

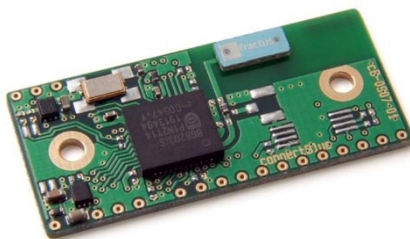
$$R_0 = 100 \text{ } \Omega$$

Tab. 4 Přehled hodnot odporu čidla PT100 s vyznačením důležitých údajů pro návrh přípravku

t [°C]	0,0	20,0	40,0	60,0	80,0	100,0	120,0	127,0	140,0
R [Ω]	100,00	107,794	115,541	123,242	130,897	138,506	146,068	148,704	153,584

4.4.4 Bluetooth modul OEMSPA310

OEM SERIAL PORT ADAPTER™ série 310 je bluetooth modul třídy 2 s interní anténou, rozměry 36 mm x 16 mm a dosahem signálu až 75 m na přímou viditelnost. Podporuje řízení pomocí AT příkazů a konfiguraci přes bluetooth. Posílání dat a komunikace s modulem probíhá přes rozhraní UART. [19]



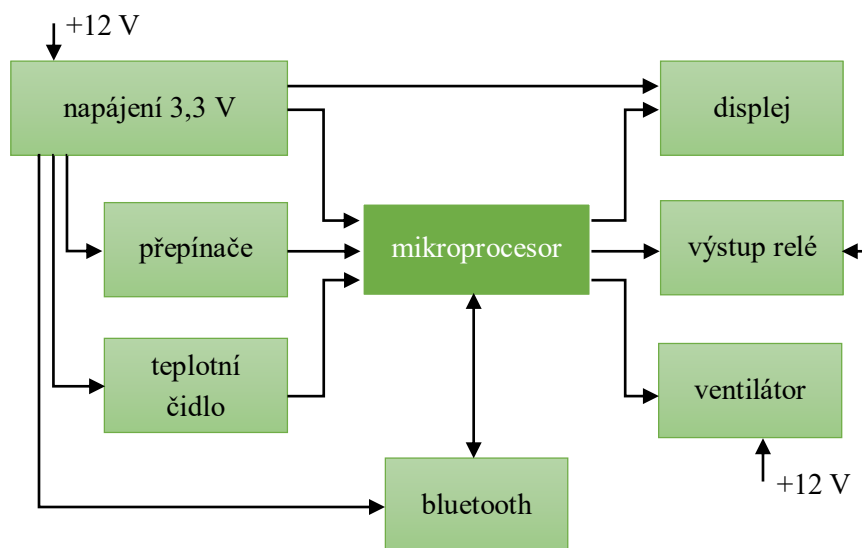
Obr. 25 Bluetooth modul OEMSPA310 [19]

4.4.5 Relé G5LE-12

Relé G5LE-12 firmy OMRON je vhodné k použití v širokém spektru aplikací, obsahuje jeden přepínač. Ovládací napětí je 12 V a může spínat proud do velikosti 10 A při napětí až 250 V (AC) nebo 125 V (DC) v rámci dodržení maximálního výkonu 1200 VA. [20]

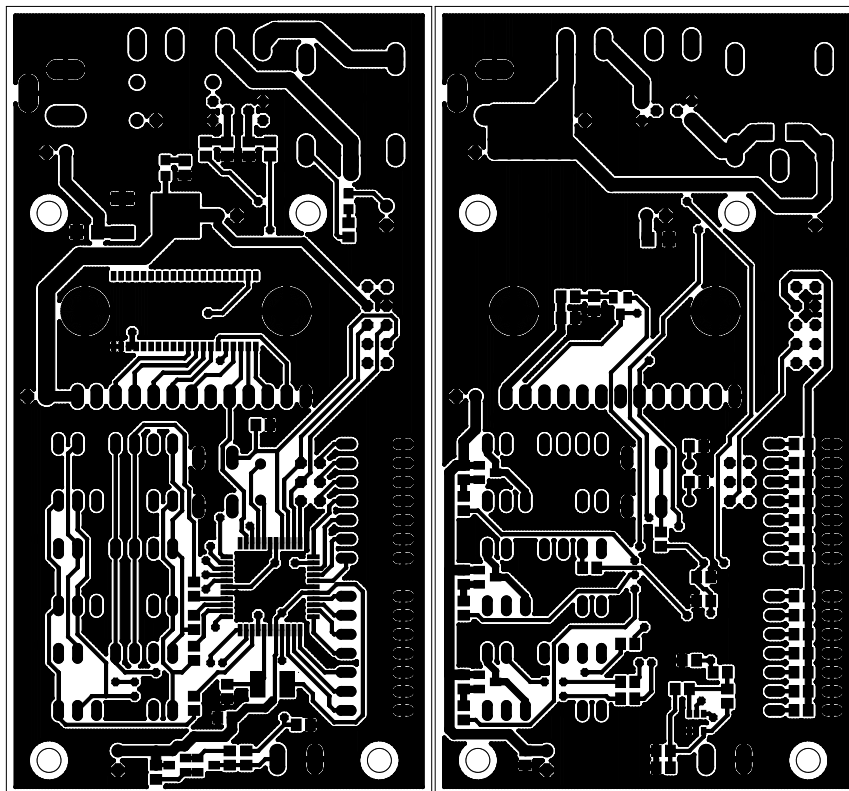
4.4.6 Rozbor, řešení

Návrh přípravku byl rozdělen do několika částí, které jsou uvedené v blokovém schématu. Mikroprocesor se stará o řízení a zpracovávání dat z jednotlivých bloků. Pomocí dvou sedmimístných DIP přepínačů se nastavuje teplotní rozsah v rozmezí 0 - 127°C. Obvod teplotního čidla převádí údaje o teplotě ze senzoru PT100 a ta je následně zobrazována na displeji. Blok bluetooth obstarává komunikaci s PC, kde se nachází program sloužící jako rozhraní mezi přípravkem a uživatelem. Reléový výstup zabezpečuje spínání vnějších obvodů, připojený ventilátor zajišťuje proudění vzduchu a tím ochlazování požadovaného místa.

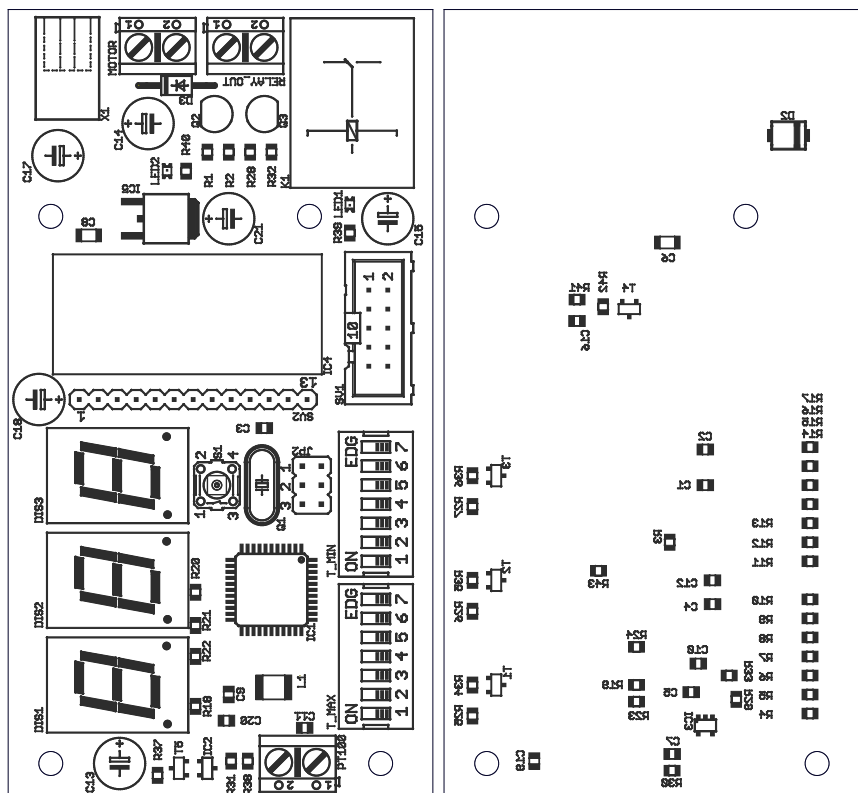


Obr. 26 Blokové schéma přípravku

Napájecí napětí přípravku je 12 V, získané připojením externího adaptéru. Napětí je dále převedeno pomocí stabilizátoru na 3,3 V pro napájení mikroprocesoru, bluetooth modulu, displeje, teplotního čidla a přepínačů. Přesná funkce přípravku není jasně dána, záleží na účelu použití. Díky mikroprocesoru, který zařízení kompletně ovládá, je možné finální program přizpůsobit přesně požadavkům konkrétní aplikace. Schéma zapojení se nachází v příloze.



Obr. 27 DPS přípravku – pohled z horní strany, vlevo horní vrstva, vpravo spodní vrstva



Obr. 28 Rozmístění součástek – pohled z horní strany, vlevo horní vrstva, vpravo spodní vrstva

5 Celkové zhodnocení

Individuální praxe ve firmě SCG Czech Design Center, s.r.o. byla ve všech ohledech velice přínosná pro osobní kariérní růst a zdokonalování se v oblasti elektroniky a elektrotechniky. Seznámila jsem se s fungováním pracovního kolektivu a způsobem řešení vzniklých problémů v praxi.

Naučila jsem se principy a postupy návrhu desek plošných spojů s následnou realizací včetně ověřování funkce hotových výrobků. Zdokonalila jsem se v oblasti přípravy zařízení pro měření s použitím metod pro eliminaci rušivých vlivů.

Prací s novým typem mikroprocesoru jsem si rozšířila znalosti v oblasti mikroprocesorové techniky, jejich programování a práce s periferiemi.

Závěrečný projekt ověřil nabyté znalosti a schopnost kompletního návrhu zařízení podle zadaných kritérií včetně realizace.

5.1 Znalosti a dovednosti uplatněné v průběhu odborné praxe

V průběhu praxe byly uplatněny vědomosti získané v mnoha předmětech zaměřených na elektroniku a elektrotechniku. Využila jsem především znalost elektrotechnických součástek, jejich základních zapojení a funkce.

Dobrou přípravu pro oblast výkonové elektroniky zajistily předměty Výkonové polovodičové systémy I a Výkonové spínací prvky. Základní informace o mikroprocesorech a jejich fungování jsem se dozvěděla v předmětu Mikropočítačové řídicí systémy I a pro návrh a konstrukci zařízení byly využity znalosti z předmětů Elektronika, Technické prostředky pro řízení elektrických pohonů a Principy zařízení komerční elektroniky.

5.2 Znalosti a dovednosti scházející v průběhu odborné praxe

Nedostatečné znalosti se projevily především při návrhu desek plošných spojů v programu Eagle, kde bylo nutné projít základním školením. Chyběly také znalosti z oblasti přípravy měření, techniky a metody pro eliminaci rušivých vlivů a nepřesností, které se v praxi využívají.

Mezi další chybějící dovednosti patří schopnost analytického řešení problému, které se bohužel nedá naučit školní výukou. V tomto směru jsou poznatky získané během praxe neocenitelné.

Literatura

- [1] ON Semiconductor: O společnosti. *Semiconductor and Integrated Circuit Devices* [online]. Phoenix: ON Semiconductor, ©1999-2016 [cit. 2016-04-22].
Dostupné z: <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/content.do?id=18371>
- [2] ON Semiconductor: Loga. *Semiconductor and Integrated Circuit Devices* [online]. Phoenix: ON Semiconductor, ©1999-2016 [cit. 2016-04-29].
Dostupné z: <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/content.do?id=15032>
- [3] Corporate Fact Sheet. *Semiconductor and Integrated Circuit Devices* [online]. Phoenix: ON Semiconductor, 2016 [cit. 2016-04-29].
Dostupné z: http://www.onsemi.com/site/pdf/Corporate_Fact_Sheet.pdf?lctn=header
- [4] ON Semiconductor: Struktura společnosti. *Semiconductor and Integrated Circuit Devices* [online]. Phoenix: ON Semiconductor, ©1999-2016 [cit. 2016-04-29].
Dostupné z: <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/content.do?id=18369>
- [5] ON Semiconductor: New Product Development. *Semiconductor and Integrated Circuit Devices* [online]. Phoenix: ON Semiconductor, ©1999-2016 [cit. 2016-04-29].
Dostupné z: <http://www.onsemi.com/PowerSolutions/content.do?id=15028>
- [6] What Is EAGLE | PCB design software and its modules. *CadSoft EAGLE PCB Design Software|Support, Tutorials, Shop* [online]. USA: CadSoft, 2011 [cit. 2016-04-29].
Dostupné z: <http://www.cadsoftusa.com/eagle-pcb-design-software/about-eagle/>
- [7] Coocox - Free/Open ARM Cortex-M Development Tool-chain. *CooCox - Free/Open ARM Cortex-M Development Tool-chain* [online]. Shenzhen: Coocox, ©2009-2015 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.coocox.org/index.html>
- [8] GCC ARM Embedded in Launchpad. *Launchpad* [online]. Canonical Ltd., ©2004-2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <https://launchpad.net/gcc-arm-embedded>
- [9] Atmel Studio. *Atmel Corporation - Microcontrollers, 32-bit, and touch solutions* [online]. San Jose: Atmel Corporation, 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.atmel.com/tools/atmelstudio.aspx#download>
- [10] Test Saturation Voltage to Achieve High Efficiency. *Power Electronics Technology* [online]. 2008, (3), 4 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: http://powerelectronics.com/site-files/powerelectronics.com/files/archive/powerelectronics.com/power_systems/test_measurement/803PET23.pdf
- [11] PLASTOVÉ KRABÍČKY. *EZK - elektronika Zdeněk Krčmář, elektrosoučástky, elektronické součástky, stavebnice a moduly* [online]. Rožnov pod Radhoštěm: EZK, 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: http://www.ezk.cz/krabicky_plastove.htm
- [12] Test Saturation Voltage to Achieve High Efficiency. *Power Electronics Technology* [online]. 2008, (4), 3 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: http://powerelectronics.com/site-files/powerelectronics.com/files/archive/powerelectronics.com/power_semiconductors/power_mosfets/804PET21test-saturation-voltage.pdf

- [13] STM32F334C8 - STMicroelectronics. *Home - STMicroelectronics* [online]. GENEVA: STMicroelectronics, 2016 [cit. 2016-04-29].
Dostupné z: http://www2.st.com/content/st_com/en/products/microcontrollers/stm32-32-bit-arm-cortex-mcus/stm32f3-series/stm32f334/stm32f334c8.html
- [14] ST-LINK/V2 - STMicroelectronics. *Home - STMicroelectronics* [online]. GENEVA: STMicroelectronics, 2016 [cit. 2016-04-29].
Dostupné z: http://www2.st.com/content/st_com/en/products/development-tools/hardware-development-tools/development-tool-hardware-for-mcus/debug-hardware-for-mcus/debug-hardware-for-stm32-mcus/st-link-v2.html
- [15] STM32 embedded software. *Home - STMicroelectronics* [online]. GENEVA: STMicroelectronics, 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: http://www2.st.com/content/ccc/resource/sales_and_marketing/presentation/product_presentation/37/55/ff/bc/a8/71/4f/c5/stm32_embedded_software_offering.pdf/files/stm32_embedded_software_offering.pdf/jcr:content/translations/en.stm32_embedded_software_offering.pdf
- [16] STM32F334. *Home - STMicroelectronics* [online]. GENEVA: STMicroelectronics, 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www2.st.com/content/ccc/resource/technical/document/datasheet/d1/cd/3d/18/a2/2c/4e/d0/DM00097745.pdf/files/DM00097745.pdf/jcr:content/translations/en.DM00097745.pdf>
- [17] ATmega32A. *Atmel Corporation - Microcontrollers, 32-bit, and touch solutions* [online]. San Jose: Atmel Corporation, 2016 [cit. 2016-04-29].
Dostupné z: http://www.atmel.com/Images/Atmel-8155-8-bit-Microcontroller-AVR-ATmega32A_Datasheet.pdf
- [18] RTD Tables. *ČVUT Fakulta strojí* [online]. Praha: ČVUT FS, ©2014-2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www1.fs.cvut.cz/cz/u12110/tem/senzory/pt100-polynom.pdf>
- [19] OEM Serial Port Adapter. *Spezial Electronic - elektronické součástky* [online]. Praha: Spezial Electronic, 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: http://www.spezial.cz/pdf/em_ds_oemspa_310.pdf
- [20] G5LE. *OMRON Global* [online]. Japan: OMRON Corporation, 2016 [cit. 2016-04-29]. Dostupné z: <http://www.omron.com/ecb/products/pdf/en-g5le.pdf>

Seznam příloh

Přílohy se nachází v přiloženém souboru BP_VAV0139.zip

Obsah přiloženého souboru BP_VAV0139.zip

- /1_Napetova_saturacni_sonda/1_Dokumentace.pdf
 - dokumentace k napěťové saturační sondě v anglickém jazyce
- /1_Napetova_saturacni_sonda/1_Schema_zapojeni.pdf
 - schéma zapojení napěťové saturační sondy
- /2_STM32F334C8/2_Priklad_c_1_-_7_PWM.pdf
 - výpis programu main.c příkladu generování 7 PWM
- /2_STM32F334C8/2_Priklad_c_2_-_ADC_LED.pdf
 - výpis programu main.c příkladu použití A/D převodníku
- /2_STM32F334C8/2_Priklad_c_3_-_KOMP_PWM.pdf
 - výpis programu main.c příkladu použití komparátoru
- /3_Neprimy_menic_kmitoctu/3_Rozmisteni_horni.pdf
 - rozmístění součástek horní vrstvy
- /3_Neprimy_menic_kmitoctu/3_Rozmisteni_spodni.pdf
 - rozmístění součástek spodní vrstvy
- /3_Neprimy_menic_kmitoctu/3_DPS_horni_vrstva.pdf
 - horní vrstva desky plošného spoje
- /3_Neprimy_menic_kmitoctu/3_DPS_spodni_vrstva.pdf
 - spodní vrstva desky plošného spoje
- /3_Neprimy_menic_kmitoctu/3_Foto_-_merici_pracoviste.jpg
 - fotodokumentace měřicího pracoviště
- /4_Mereni_a_regulace_teploty/4_Schema_zapojeni.pdf
 - schéma zapojení přípravku pro měření a regulaci teploty